

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-215703

(43)Date of publication of application : 06.08.1999

(51)Int.Cl.

H02J 3/00

(21)Application number : 10-017533

(71)Applicant : FUJI ELECTRIC CO LTD  
FFC:KK

(22)Date of filing : 29.01.1998

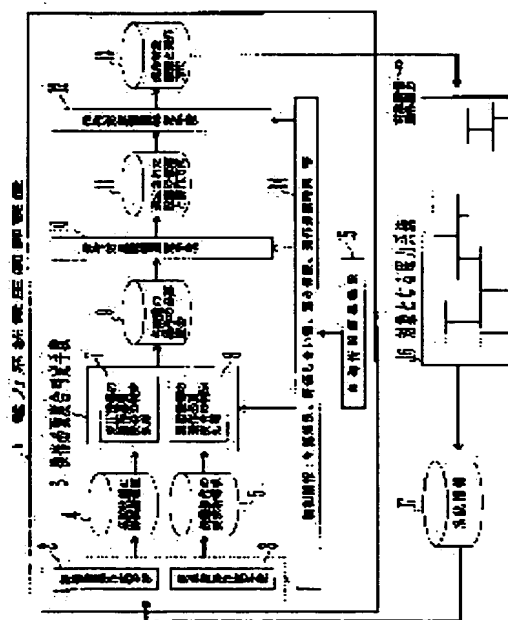
(72)Inventor : OKOCHI FUMITAKA  
KAMETANI KATSUHISA  
TAKENAKA MICHIO

## (54) POWER SYSTEM VOLTAGE CONTROLLER

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To balance facilities condition in a continuous time in real time.

SOLUTION: A necessity degree for operation determining means 6 is provided with a determining part 7, which determines the degree of necessity for operation of voltage transformation equipment and a determining part 8 which determines the degree of necessity for operation of phase modifying equipment. The determining parts 7, 8 perform fuzzy inferences, using an evaluation index value 4 and a request index value 5 as input data and control information stored in a control information storing part 14, and thereby determines the degree of necessity for the operation of the voltage transformation equipment and the phase modifying equipment.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

09.08.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3594785

[Date of registration]

10.09.2004

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

BEST AVAILABLE COPY

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-215703

(43) 公開日 平成11年(1999) 8月6日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 2 J 3/00

識別記号

F I

H 0 2 J 3/00

K

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願平10-17533

(22) 出願日 平成10年(1998) 1月29日

(71) 出願人 000005234

富士電機株式会社

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

(71) 出願人 000237156

株式会社エフ・エフ・シー

東京都日野市富士町1番地

(72) 発明者 大河内 文隆

東京都日野市富士町1番地 富士ファコム  
制御株式会社内

(72) 発明者 亀谷 勝久

東京都日野市富士町1番地 富士ファコム  
制御株式会社内

(74) 代理人 弁理士 大菅 義之

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電力系統電圧制御装置

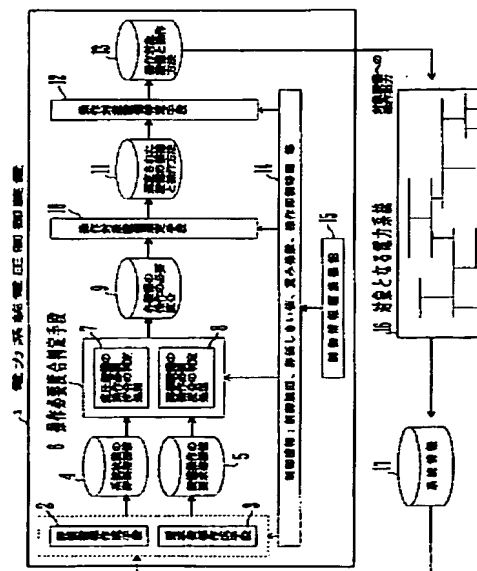
(57) 【要約】

【課題】 連続時間内における設備状態の調和をリアルタイムで行う。

【解決手段】 操作必要度合判定手段6は、変圧設備の操作必要度合の判定処理を行う判定処理部7と、調相設備の操作必要度合の判定処理を行う判定処理部8を備え、判定処理部7、8は、評価指標値4及び要求指標値5を入力データとして、制御情報格納部14に格納されている制御情報を用いてファジィ推論処理を行うことにより、変圧設備及び調相設備の操作の必要度合を判定する。

本発明の一実施例に係わる

電力系統電圧制御装置の構成を示すブロック図



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 電力系統の系統情報に基づいて、前記電力系統の系統状態を評価する評価指標値を作成する評価指標作成手段と、

事前に作成された設備運用計画から現在の操作の要求度合いを表す要求指標値を作成する要求指標作成手段と、前記評価指標値及び前記要求指標値を用いたファジィ推論を行うことにより、調相設備及び変圧設備の操作必要度合を判定する操作必要度合判定手段と、

前記操作必要度合に基づいて、操作対象となる調相設備または変圧設備の候補を選定する操作対象設備設定手段と、

前記調相設備または変圧設備の操作状況に基づいて、調相設備または変圧設備の候補の中から、操作対象となる調相設備または変圧設備を特定する操作対象設備特定手段とを備えることを特徴とする電力系統電圧制御装置。

【請求項2】 前記操作必要度合判定手段は、前記要求指標値の大きさを定義するメンバーシップ関数に対して現在の要求指標値が属する適合度を算出する要求指標適合度算出手段と、

前記評価指標値の大きさを定義するメンバーシップ関数に対して現在の評価指標値が属する適合度を算出する評価指標適合度算出手段とを備え、

前記評価指標値が属する適合度と前記要求指標値が属する適合度とを組み合わせることで、前記変圧設備及び前記調相設備の操作必要度合を判定することを特徴とする請求項1に記載の電力系統電圧制御装置。

【請求項3】 前記要求指標値の大きさに対する適合度を定義するメンバーシップ関数を格納する第1の格納手段と、

前記評価指標値の大きさに対する適合度を定義するメンバーシップ関数を格納する第2の格納手段と、

前記調相設備の操作必要度合に対する適合度を定義するメンバーシップ関数を格納する第3の格納手段と、

前記変圧設備の操作必要度合に対する適合度を定義するメンバーシップ関数を格納する第4の格納手段と、

前記要求指標値及び前記評価指標値の状態に対応させて、前記調相設備の操作必要度合の状態を格納する第5の格納手段と、

前記要求指標値及び前記評価指標値の状態に対応させて、前記変圧設備の操作必要度合の状態を格納する第6の格納手段とをさらに備えることを特徴とする請求項1または2に記載の電力系統電圧制御装置。

【請求項4】 前記操作必要度合判定手段は、前記調相設備の要求指標値の大きさに基づいて、前記変圧設備の操作必要度合を調節することを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載の電力系統電圧制御装置。

【請求項5】 前記要求指標作成手段は、事前に作成された設備計画における操作の要求内容と、

1日の負荷推移パターンを合成することにより、現在の設備操作の要求の大きさを表す要求指標値を作成することを特徴とする請求項1～4のいずれか1項に記載の電力系統電圧制御装置。

【請求項6】 前記操作対象設備特定手段は、操作対象設備の候補として変圧設備が選定された場合、前記操作必要度合から所定の期間内に操作が行われる調相設備の有無を判定する判定手段と、

所定の期間内に操作が行われる調相設備がある場合、選定された変圧設備に代えて当該調相設備を操作対象設備として特定する代替手段とを備えることを特徴とする請求項1～5のいずれか1項に記載の電力系統電圧制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は電力系統電圧制御装置に関し、特に、電力系統の変圧設備と調相設備を操作することにより、目標電圧の維持を図る場合に適用して好適なものである。

【0002】

【従来の技術】従来の電力系統の電圧制御では、電力系統電圧制御装置を各設備ごとに独立して設置するローカルな制御方式が主流となっている。例えば、ローカルな制御方式として、ある特定の電圧値と無効電力値が不感帯を超えた場合の目標値からの偏差量に応じて、ある特定の調相設備のタップ操作量を決定する方法（林他「電圧無効電力制御方式」平成4年度電気学会vol.202）がある。

【0003】また、従来の電力系統の電圧制御として、

操作時刻を設定したスケジュールに基づいて、電力系統の調相設備を動作させるスケジュール制御がある。さらに、対象となる電力系統内の全変圧設備と全調相設備との状態を1カ所でまとめて管理する集中型の制御方式がある。例えば、集中型の制御方式として、経済性や制御効果を表す目的関数を定め、この目的関数のある時間断面において最適化するための設備状態を求める方法（佐々木他「電圧・無効電力制御支援システムの開発」平成7年電気学会全国大会、No.1344）がある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来のローカルな制御方式では、各設備が個別に動作するため、設備間の動作の干渉が発生し、電圧の変動や設備の過剰操作が発生するという問題があった。一方、設備の過剰操作を抑制するため、電圧監視の不感帯を大きく設定すると、制御の遅れが発生するという問題があった。

【0005】また、従来のスケジュール制御では、設定した時刻及び回数の設備操作が行われるため、電力系統の状況の急変に対応できないという問題があった。さらに、従来の集中型の制御方式において、目的関数を最適化する方法では、ある時間断面における系統状態の最適

化は保証されるものの、連続的にリアルタイムで制御が行われた場合、制御効果の高い特定の設備に操作が偏重したり振動的な操作が行われ、連続時間内における設備状態の調和を図ることが困難であるという問題があった。

【0006】そこで、本発明の目的は、連続時間内における設備状態の調和をリアルタイムで行うことが可能な電力系統電圧制御装置を提供することである。

【0007】

【課題を解決するための手段】上述した課題を解決するために、本発明によれば、電力系統の系統情報に基づいて、前記電力系統の系統状態を評価する評価指標値を作成する評価指標作成手段と、事前に作成された設備運用計画から現在の操作の要求度合いを表す要求指標値を作成する要求指標作成手段とを備え、前記評価指標値及び前記要求指標値を用いて調相設備及び変圧設備の操作必要度合を判定するようにしている。

【0008】このことにより、要求指標値の時間推移に対応して変圧設備と調相設備の操作必要度合の比重を変えることが可能となり、連続時間内における設備状態の調和をリアルタイムで行うことが可能となる。

【0009】また、本発明の一態様によれば、要求指標値（オペレータの運用計画を反映している）と評価指標値（現在の系統状態を反映している）の両方を入力としてファジィ推論により並列的に判定を行うようにしている。

【0010】このことにより、要求指標値に従って設備操作を行う一方で、電力系統の系統状況の急変があった場合は、それに応じた操作を行うことが可能となる。また、本発明の一態様によれば、調相設備の要求指標値が大きい時間帯では、調相設備の操作必要度合を大きくし、かつ、変圧設備の操作必要度合を小さくするようにしている。

【0011】このことにより、時間帯に応じて調相設備及び変圧設備の操作頻度の比率を調整でき、調相設備及び変圧設備の操作の干渉と過剰操作を防止できる。また、本発明の一態様によれば、1日の負荷推移をも考慮した要求指標値を作成するようにしている。

【0012】このことにより、ある時間断面のみならず、連続時間内（例えば、1日の時間内）での設備操作の調和を図ることができる。また、本発明の一態様によれば、操作対象設備選定手段によって選定した操作対象設備の候補が複数存在した場合、操作の必要性の高い設備を特定するとともに、不要な操作対象設備を取り除くようにしている。

【0013】このことにより、変圧設備のみが選定された場合には、その時点で操作必要度合が一定値以上だった調相設備がないかをチェックし、これを満たすものがあれば、変圧設備に代えて当該調相設備を操作することが可能となり、近い将来に操作が行われるはずの調相設

備の操作時期を早めることが可能となる結果、過剰操作を防止することが可能となる。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施例に係わる電力系統電圧制御装置について図面を参照しながら説明する。図1は、本発明の一実施例に係わる電力系統電圧制御装置の構成を示すブロック図である。図1において、1は電力系統電圧制御装置、2は制御情報と電力系統16の系統情報17を用いて系統状態の評価指標値4を作成する評価指標作成手段、3は制御情報から設備操作の要求度合いを表す要求指標値5を作成する要求指標作成手段、4は電力系統16の系統状態の評価指標値、5は設備操作の要求指標値、6は変圧設備と調相設備の操作必要度合を求める操作必要度合判定手段、7は変圧設備の操作必要度合の判定処理部、8は調相設備の操作必要度合の判定処理部、9は各設備の操作必要度合、10は操作対象とする設備の候補を選定する操作対象設備選定手段、11は選定された設備の候補と操作方法を表すデータ、12は操作対象設備の候補の中から実際に操作を行う設備を特定する操作対象設備特定手段、13は操作対象設備と操作方法を表すデータ、14は制御情報を格納する制御情報格納部、15は制御情報を編集する制御情報編集機能、16は制御の対象となる電力系統、17は電力系統16の系統情報である。なお、制御情報として、例えば、変圧設備や調相設備の操作判断の制御規則、評価指標値や要求指標値の適合度を判定するメンバーシップ関数、変圧設備や調相設備の操作必要度合を判定するメンバーシップ関数、評価しきい値、重み係数、及び操作抑制時間などがある。

【0015】以下、電力系統電圧制御装置1の動作について説明する。図1において、評価指標作成手段2は、系統情報17に含まれるノイズの除去し、電力系統16の系統状態を評価する評価指標値4を作成する。ノイズの除去方法としては移動平均処理などを用いる。また、評価指標値として、例えば、次の値を求める。

【0016】i) 各電気所電圧と目標電圧との偏差

ii) 各電気所電圧間の電圧差

iii) 各電気所電圧と目標電圧との差について重み付き平均値を計算した値

iv) 単位時間あたりの有効電力の変化量

これらの評価指標値を作成する場合、制御情報格納手段14に格納されている制御情報を用いる。なお、ここで用いる制御情報として、例えば、移動平均計算をするためのデータ点数や重み付き平均計算を行うための重み係数がある。評価指標作成手段2は、評価指標値4を作成すると、操作必要度合判定手段6に出力する。

【0017】要求指標作成手段3は、設備運用者が定めた設備の操作スケジュール表に対して、現在時刻がどの設備を行う時間帯に属しているかを判定し、その時間帯に属する度合を要求指標値として算出する。要求指標作

成手段3は、要求指標値5を作成すると、操作必要度合判定手段6に出力する。

【0018】操作必要度合判定手段6は、変圧設備の操作必要度合の判定処理を行う判定処理部7と、調相設備の操作必要度合の判定処理を行う判定処理部8を備えている。判定処理部7、8は、評価指標値4及び要求指標値5を入力データとして、制御情報格納部14に格納されている制御情報を用いてファジィ推論処理を行うことにより、変圧設備及び調相設備の操作の必要度合を判定する。ファジィ推論処理を行う場合、制御情報として、

【0019】i) 系統電圧が高いときはタップを下げ、低いときはタップを上げる。さらに、有効電力が減少傾向のときはタップ下げ操作を早めにし、有効電力が増加傾向のときはタップ上げ操作を早めにする。

【0020】ii) SC(調相用コンデンサ)操作の要求指標値が高くなってきたら、タップ操作を抑制する。図2は、本発明の一実施例に係わるタップの操作判断の制御規則の一例を示す図である。

【0021】図2において、NO. 1~NO. 15の制御規則では、評価指標値4として電圧逸脱度及び有効電力変化を使用した場合のタップの操作必要度合の判定結果が示されている。また、NO. 16及びNO. 17の制御規則では、評価指標値4として電圧逸脱度を使用し、要求指標値5としてSCの要求指標値を使用した場合のタップの操作必要度合の判定結果が示されている。

【0022】例えば、SCの要求指標値の絶対値が小さい時は、操作必要度合判定手段6において、NO. 16またはNO. 17の制御規則の成立度合いが小さいので、最終的な出力(タップの操作必要度合)はあまり影響を受けない。しかし、SCの要求指標値の絶対値が大きくなるに従って、NO. 16またはNO. 17の制御規則の成立度合いが大きくなり、最終的な出力が抑制される。ここで、入力としてSCの要求指標値が連続的に大きくなるようにすると、それに応じて最終的な出力を徐々に抑制することができる。このSCの要求指標値に基づく制御規則により、タップの操作必要度合の値を抑制することが可能となり、系統運用面から見ると、SC操作を行う要求が高くなるにつれて、タップの操作必要度合が減少し、両者の干渉を防止することが可能となる。

【0023】図3は、本発明の一実施例に係わる調相用コンデンサの操作判断の制御規則の一例を示す図である。図3において、NO. 18~NO. 32の制御規則では、評価指標値4として電圧逸脱度及び有効電力変

化を使用し、要求指標値5としてSCの要求指標値を使用した場合のSCの操作必要度合の判定結果が示されている。

【0024】図4(a)は、本発明の一実施例に係わる電圧逸脱度のメンバーシップ関数の一例を示す図である。図4(a)において、電圧逸脱度のメンバーシップ関数には、ファジィラベルとして、「負の方向である」、「正の方向である」、「負の方向に大きい」、「負の方向にやや大きい」、「目標値付近」、「正の方向にやや大きい」、及び「正の方向に大きい」が設定され、各ファジィラベルについて、電圧逸脱度に対する適合度が定義されている。

【0025】図4(b)は、本発明の一実施例に係わる有効電力変化のメンバーシップ関数の一例を示す図である。図4(b)において、有効電力変化のメンバーシップ関数には、ファジィラベルとして、「減少方向」、「ほぼ一定」、及び「増加方向」が設定され、各ファジィラベルについて、有効電力変化に対する適合度が定義されている。

【0026】図4(c)は、本発明の一実施例に係わる調相用コンデンサの要求指標値のメンバーシップ関数の一例を示す図である。図4(c)において、調相用コンデンサの要求指標値のメンバーシップ関数には、ファジィラベルとして、「開放要求」、「現状維持」、及び「投入要求」が設定され、各ファジィラベルについて、調相用コンデンサの要求指標値に対する適合度が定義されている。

【0027】図5(a)は、本発明の一実施例に係わるタップの操作必要度合のメンバーシップ関数の一例を示す図である。図5(a)において、タップの操作必要度合のメンバーシップ関数には、後件部ラベルとして、「下げ方向に大きい」、「下げ方向に中くらい」、「下げ方向に小さい」、「現状維持」、「上げ方向に小さい」、「上げ方向に中くらい」及び「上げ方向に大きい」が設定され、各後件部ラベルについて、タップの操作必要度合に対する適合度が定義されている。

【0028】図5(b)は、本発明の一実施例に係わる調相用コンデンサの操作必要度合のメンバーシップ関数の一例を示す図である。図5(b)において、調相用コンデンサの操作必要度合のメンバーシップ関数には、後件部ラベルとして、「開放方向に大きい」、「開放方向に中くらい」、「開放方向に小さい」、「現状維持」、「投入方向に小さい」、「投入方向に中くらい」及び「投入方向に大きい」が設定され、各後件部ラベルについて、調相用コンデンサの操作必要度合に対する適合度が定義されている。

【0029】図1の操作対象設備選定手段10は、制御情報格納部14に格納されているしきい値と各設備の操作の必要度合との大小関係を比較することにより、操作対象設備の候補を選定する。例えば、調相用コンデンサ

の投入操作のしきい値を $a_1$ 、 $a_2 (>0)$ 、開放操作のしきい値を $b_1$ 、 $b_2 (<0)$ と定義すると、以下の方法により、調相用コンデンサが操作対象候補であるか否かを判定する。

【0030】i) [調相用コンデンサの操作必要度合]  
 $>a_1$ の時

→当該調相用コンデンサを、投入操作を行う調相用コンデンサの候補とする。

【0031】ii) [調相用コンデンサの操作必要度合]  
 $<a_1$ 、かつ[調相用コンデンサの操作必要度合] $>a_2$ の時

→当該調相用コンデンサを、近い将来に投入操作を行う調相用コンデンサの候補とする。

【0032】iii) [調相用コンデンサの操作必要度合]  
 $<b_1$ の時

→当該調相用コンデンサを、開放操作を行う調相用コンデンサの候補とする。

【0033】iv) [調相用コンデンサの操作必要度合]  
 $>b_1$ 、かつ[調相用コンデンサの操作必要度合] $<b_2$ の時

→当該調相用コンデンサを、近い将来に開放操作を行う調相用コンデンサの候補とする。

【0034】v) 上記以外の場合

→当該調相用コンデンサを、操作対象候補から除外する。操作対象設備特定手段12は、操作対象設備選定手段10により選定された操作対象設備の候補の中から、以下の手順により実際に操作を行う対象設備と操作方法を特定する。

【0035】i) 操作間隔を考慮した設備の特定  
 対象となる電力系統16内で行われた前回の操作から現在時刻までの経過時間が、制御情報格納部14に定義されている最低操作間隔よりも小さい設備は操作対象から除外する。この時、最低操作間隔は、各設備ごとに固有の値を設定する。

【0036】ii) 操作回数を考慮した設備の特定  
 ある時刻からカウントした現在までの操作回数が制御情報格納部14に定義されている最大操作回数を超えている設備は、操作対象から除外する。

【0037】iii) 過剰操作を防止するための設備の特定  
 変圧設備のみが操作対象として選定された場合は、調相設備の中に近い将来に操作が行われる設備の候補がないかどうかをチェックして、もし存在したら、その調相設備を操作対象とし、変圧設備を操作対象から除外する。

【0038】以下、調相用コンデンサの要求指標値が時間帯によって変化した場合の調相用コンデンサ及びタップの操作必要度合の算出方法について、より具体的に説明する。

【0039】図6は、本発明の一実施例に係わる調相用コンデンサの要求指標値のスケジュールパターンの一例を示す図である。図6において、調相用コンデンサの要

求指標値が各時刻ごとに定義され、昼前後においては、調相用コンデンサの要求指標値が小さくなっている。

【0040】以下、入力として与える評価指標値4及び要求指標値5が、次の値であると仮定して説明する。

i) 「電圧逸脱度」 $=0.5$  [kV]

ii) 「有効電力変化」 $=0.8$  [MW/min]

iii) 「調相用コンデンサの要求指標値」 $=1.0$  (午前10時)

これらの条件が与えられると、図4(a)～図4(c)のメンバーシップ関数を用いることにより、「電圧逸脱度」、「有効電力変化」及び「調相用コンデンサの要求指標値」の状態を評価する。

【0041】図7(a)は、電圧逸脱度が $0.5$  kVの時の適合度を、図4(a)のメンバーシップ関数を用いて算出する方法を示す図である。図7(a)において、「電圧逸脱度」 $=0.5$  [kV]の状態は、ファジィラベル「正の方向にやや大きい」、ファジィラベル「正の方向に大きい」及びファジィラベル「正の方向である」に属している。ここで、ファジィラベル「正の方向にやや大きい」に属する度合い(適合度) $=1.0$ 、ファジィラベル「正の方向に大きい」に属する度合い(適合度) $=0.3$ 、ファジィラベル「正の方向である」に属する度合い(適合度) $=0.8$ となっている。

【0042】図7(b)は、有効電力変化が $0.8$  MW/minの時の適合度を、図4(b)のメンバーシップ関数を用いて算出する方法を示す図である。図7(b)において、「有効電力変化」 $=0.8$  [MW/min]の状態は、ファジィラベル「ほぼ一定」及びファジィラベル「増加方向」に属している。ここで、ファジィラベル「ほぼ一定」に属する度合い(適合度) $=0.2$ 、ファジィラベル「増加方向」に属する度合い(適合度) $=0.5$ となっている。

【0043】図7(c)は、調相用コンデンサの要求指標値が1の時の適合度を、図4(c)のメンバーシップ関数を用いて算出する方法を示す図である。図7(c)において、「調相用コンデンサの要求指標値」 $=1.0$ の状態は、ファジィラベル「現状維持」及びファジィラベル「投入要求」に属している。ここで、ファジィラベル「現状維持」に属する度合い(適合度) $=0.0$ 、ファジィラベル「投入要求」に属する度合い(適合度) $=0.9$ となっている。

【0044】「電圧逸脱度」、「有効電力変化」及び「調相用コンデンサの要求指標値」の各状態の適合度が求まると、図2及び図3を参照することにより、タップ操作の必要度合に関する制御規則及びSC操作の必要度合に関する制御規則を求める。この結果、タップ操作の必要度合に関する制御規則として、図2のNO. 2、NO. 3、NO. 5及びNO. 6が成立する。

【0045】成立する制御規則が求まると、規則全体の適合度を求める。規則全体の適合度を求める方法とし

て、各ファジィラベルの適合度のうち小さい方の適合度を、規則全体の適合度とする方法がある。また、各ファジィラベルの適合度の積をとって規則全体の適合度とする方法などもある。以下の説明では、規則全体の適合度として、各ファジィラベルの適合度のうち小さい方の適合度を用いる。

【0046】図2の制御規則のNO. 2については、ファジィラベル「正の方向に大きい」の適合度=0.3、ファジィラベル「ほぼ一定」の適合度=0.2であることから、小さい方の適合度をとって、規則全体の適合度=0.2となる。

【0047】図2の制御規則のNO. 3については、ファジィラベル「正の方向に大きい」の適合度=0.3、ファジィラベル「増加方向」の適合度=0.5であることから、小さい方の適合度をとって、規則全体の適合度=0.3となる。

【0048】図2の制御規則のNO. 5については、ファジィラベル「正の方向にやや大きい」の適合度=1.0、ファジィラベル「ほぼ一定」の適合度=0.2であることから、小さい方の適合度をとって、規則全体の適合度=0.2となる。

【0049】図2の制御規則のNO. 6については、ファジィラベル「正の方向に大きい」の適合度=1.0、ファジィラベル「増加方向」の適合度=0.5であることから、小さい方の適合度をとって、規則全体の適合度=0.5となる。

【0050】成立した制御規則について規則全体の適合度が求まると、後件部ラベルに規則全体の適合をかけることにより、各規則の結論を求める。この結果、各規則の結論は、図2の制御規則のNO. 2については、後件部ラベル「下げ方向に中くらい」×0.2となり、図2の制御規則のNO. 3については、後件部ラベル「下げ方向に小さい」×0.3となり、図2の制御規則のNO. 5については、後件部ラベル「下げ方向に中くらい」×0.2となり、図2の制御規則のNO. 6については、後件部ラベル「現状維持」×0.5となる。

【0051】一方、SC操作の必要度合に関する制御規則については、成立するものは存在しない。各規則の結論が求まると、図5のメンバーシップ関数において、成立した制御規則の後件部ラベルに対応する図形に規則全体の適合度をかけた図形を合成する。そして、合成された図形の重心を求めることにより、最終的なファジィ推論値を求める。

【0052】図8は、調相用コンデンサの要求指標値が1の時のタップの操作必要度合を、図5(a)のメンバーシップ関数を用いて算出する方法を示す図である。図8において、タップの操作必要度合については、規則の結論として、後件部ラベル「下げ方向に中くらい」×0.2、後件部ラベル「下げ方向に小さい」×0.3、後件部ラベル「現状維持」×0.5が求まっている。こ

の結果、「下げ方向に中くらい」に対応する三角形に0.2をかけることにより、その三角形の頂点の適合度が0.2の三角形A1が生成される。また、「下げ方向に小さい」に対応する三角形に0.3をかけることにより、その三角形の頂点の適合度が0.3の三角形B1が生成されるさらに、「現状維持」に対応する三角形に0.5をかけることにより、その三角形の頂点の適合度が0.5の三角形C1が生成される。

【0053】三角形A1、B1、C1が生成されると、これらの三角形A1、B1、C1を合成した図形の重心位置=-0.18を求め、この重心位置をタップの操作必要度合とする。

【0054】なお、後件部ラベルが同じ結論のルールが同時に複数成立した場合は、適合度の大きい方の結論を採用する(OR演算を行う)。一方、調相用コンデンサの制御規則は全く成立しなかったため、ファジィ推論値は「ない」となるが、システム設計上、ファジィ推論値が存在しない時は、「作必要度合=0」と擬制する。

【0055】次に、図6において、時刻が午前10時から午前11時50分に変化した場合の調相用コンデンサ及びタップの操作必要度合を求める。ここで、「電圧逸脱度」及び「有効電力変化」は、午前10時と午前11時50分とで変化しなかったものとする。時刻が午前10時から午前11時50分に変化すると、図6に示すように、「調相用コンデンサの要求指標値」が1.0から-0.7に変化する。この結果、入力として与える評価指標値4及び要求指標値5は、次の値となる。

i) 「電圧逸脱度」=0.5[kV]

ii) 「有効電力変化」=0.8[MW/min]

iii) 「調相用コンデンサの要求指標値」=-0.7(午前11時50分)

図9は、調相用コンデンサの要求指標値が-0.7の時の適合度を、図4(c)のメンバーシップ関数を用いて算出する方法を示す図である。

【0056】図9において、「調相用コンデンサの要求指標値」=-0.7の状態は、ファジィラベル「現状維持」及びファジィラベル「開放要求」に属している。ここで、ファジィラベル「現状維持」に属する度合い(適合度)=0.2、ファジィラベル「開放要求」に属する度合い(適合度)=0.7となっている。

【0057】なお、「電圧逸脱度」及び「有効電力変化」の各状態の適合度の算出は、図7(a)及び図7(b)の場合と同様である。すなわち、「電圧逸脱度」=0.5[kV]の状態は、ファジィラベル「正の方向にやや大きい」に属する度合い(適合度)=1.0、ファジィラベル「正の方向に大きい」に属する度合い(適合度)=0.3、ファジィラベル「正の方向である」に属する度合い(適合度)=0.8である。また、「有効電力変化」=0.8[MW/min]の状態は、ファジィラベル「ほぼ一定」に属する度合い(適合度)=0.



2、ファジィラベル「増加方向」に属する度合い（適合度）= 0.5である。

【0058】「電圧逸脱度」、「有効電力変化」及び「調相用コンデンサの要求指標値」の各状態の適合度が求まると、図2及び図3を参照することにより、タップ操作の必要度合に関する制御規則及びSC操作の必要度合に関する制御規則を求める。この結果、タップ操作の必要度合に関する制御規則として、図2のNO. 2、NO. 3、NO. 5、NO. 6及びNO. 17が成立する。また、タップ操作の必要度合に関する制御規則として、図3のNO. 19、NO. 20、NO. 22及びNO. 23が成立する。成立する制御規則が求まると、規則全体の適合度を求める。

【0059】図2の制御規則のNO. 2については、ファジィラベル「正の方向に大きい」の適合度= 0.3、ファジィラベル「ほぼ一定」の適合度= 0.2であることから、小さい方の適合度をとって、規則全体の適合度= 0.2となる。

【0060】図2の制御規則のNO. 3については、ファジィラベル「正の方向に大きい」の適合度= 0.3、ファジィラベル「増加方向」の適合度= 0.5であることから、小さい方の適合度をとって、規則全体の適合度= 0.3となる。

【0061】図2の制御規則のNO. 5については、ファジィラベル「正の方向にやや大きい」の適合度= 1.0、ファジィラベル「ほぼ一定」の適合度= 0.2であることから、小さい方の適合度をとって、規則全体の適合度= 0.2となる。

【0062】図2の制御規則のNO. 6については、ファジィラベル「正の方向に大きい」の適合度= 1.0、ファジィラベル「増加方向」の適合度= 0.5であることから、小さい方の適合度をとって、規則全体の適合度= 0.5となる。

【0063】図2の制御規則のNO. 17については、ファジィラベル「正の方向である」の適合度= 0.8、ファジィラベル「開放要求である」の適合度= 0.7であることから、小さい方の適合度をとって、規則全体の適合度= 0.7となる。

【0064】図3の制御規則のNO. 19については、ファジィラベル「正の方向に大きい」の適合度= 0.3、ファジィラベル「ほぼ一定」の適合度= 0.2、ファジィラベル「開放要求である」の適合度= 0.7であることから、最も小さい適合度をとって、規則全体の適合度= 0.2となる。

【0065】図3の制御規則のNO. 20については、ファジィラベル「正の方向に大きい」の適合度= 0.3、ファジィラベル「増加方向」の適合度= 0.5、ファジィラベル「開放要求である」の適合度= 0.7であることから、最も小さい適合度をとって、規則全体の適合度= 0.3となる。

【0066】図3の制御規則のNO. 22については、ファジィラベル「正の方向にやや大きい」の適合度= 1.0、ファジィラベル「ほぼ一定」の適合度= 0.2、ファジィラベル「開放要求である」の適合度= 0.7であることから、最も小さい適合度をとって、規則全体の適合度= 0.2となる。

【0067】図3の制御規則のNO. 23については、ファジィラベル「正の方向にやや大きい」の適合度= 1.0、ファジィラベル「増加方向」の適合度= 0.5、ファジィラベル「開放要求である」の適合度= 0.7であることから、最も小さい適合度をとって、規則全体の適合度= 0.5となる。

【0068】成立した制御規則について規則全体の適合度が求まると、後件部ラベルに規則全体の適合をかけることにより、各規則の結論を求める。この結果、図2の制御規則のNO. 2については、後件部ラベル「下げ方向に中くらい」× 0.2となり、図2の制御規則のNO. 3については、後件部ラベル「下げ方向に小さい」× 0.3となり、図2の制御規則のNO. 5については、後件部ラベル「下げ方向に中くらい」× 0.2となり、図2の制御規則のNO. 6については、後件部ラベル「現状維持」× 0.5となり、図2の制御規則のNO. 17については、後件部ラベル「現状維持」× 0.7となる。

【0069】また、図3の制御規則のNO. 19については、後件部ラベル「開放必要度中くらい」× 0.2となり、図3の制御規則のNO. 20については、後件部ラベル「開放必要度小さい」× 0.3となり、図3の制御規則のNO. 22については、後件部ラベル「開放必要度小さい」× 0.2となり、図3の制御規則のNO. 23については、後件部ラベル「現状維持」× 0.5となる。

【0070】各規則の結論が求まると、図5のメンバーシップ関数において、成立した制御規則の後件部ラベルに対応する図形に規則全体の適合度かけた図形を合成する。そして、合成された図形の重心を求めることにより、最終的なファジィ推論値を求める。

【0071】図10(a)は、調相用コンデンサの要求指標値が-0.7の時のタップの操作必要度合を、図5(a)のメンバーシップ関数を用いて算出する方法を示す図である。

【0072】図10(a)において、タップの操作必要度合については、規則の結論として、後件部ラベル「下げ方向に中くらい」× 0.2、後件部ラベル「下げ方向に小さい」× 0.3、後件部ラベル「現状維持」× 0.5、後件部ラベル「現状維持」× 0.7が求まっている。ここで、後件部ラベル「現状維持」については、同じ結論のルールが同時に2つ成立しているが、ここでは、適合度の大きい方の結論を採用する。この結果、「下げ方向に中くらい」に対応する三角形に0.2をか

けることにより、その三角形の頂点の適合度が0.2の三角形A2が生成される。また、「下げ方向に小さい」に対応する三角形に0.3をかけることにより、その三角形の頂点の適合度が0.3の三角形B2が生成される。さらに、「現状維持」に対応する三角形に0.7をかけることにより、その三角形の頂点の適合度が0.7の三角形C2が生成される。

【0073】三角形A2、B2、C2が生成されると、これらの三角形A2、B2、C2を合成した図形の重心位置 $=-0.12$ を求め、この重心位置をタップの操作必要度合とする。

【0074】図10(b)は、調相用コンデンサの要求指標値が $-0.7$ の時の調相用コンデンサの操作必要度合を、図5(b)のメンバーシップ関数を用いて算出する出方法を示す図である。

【0075】図10(b)において、調相用コンデンサの操作必要度合については、規則の結論として、後件部ラベル「開放必要度中くらい」 $\times 0.2$ 、後件部ラベル「開放必要度小さい」 $\times 0.3$ 、後件部ラベル「開放必要度小さい」 $\times 0.2$ 、後件部ラベル「現状維持」 $\times 0.5$ が求まっている。ここで、後件部ラベル「開放必要度小さい」については、同じ結論のルールが同時に2つ成立しているが、ここでは、適合度の大きい方の結論を採用する。この結果、「開放必要度中くらい」に対応する三角形に0.2をかけることにより、その三角形の頂点の適合度が0.2の三角形A3が生成される。また、「開放必要度小さい」に対応する三角形に0.3をかけることにより、その三角形の頂点の適合度が0.3の三角形B3が生成される。さらに、「現状維持」に対応する三角形に0.5をかけることにより、その三角形の頂点の適合度が0.5の三角形C3が生成される。

【0076】三角形A3、B3、C3が生成されると、これらの三角形A3、B3、C3を合成した図形の重心位置 $=-0.18$ を求め、この重心位置を調相用コンデンサの操作必要度合とする。

【0077】このように、評価指標値4として与えられた「電圧逸脱度」及び「有効電力変化」が全く同じでも、「SCの要求指標値」を時間の経過に伴って変化させると、成立する制御規則やその適合度が変化するため、タップとSCの操作必要度合を変化させることが可能となる。

【0078】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、要求指標値及び評価指標値を共通の入力データとして変圧設備と調相設備との操作必要度合をファジィ推論で算出することにより、要求指標値の時間推移に対応して変圧設備と調相設備の操作必要度合の比重を変えることができる。このため、現在の系統状態に加えてオペレータの運用計画を設備操作に反映させることが可能となり、要求指標値に従って設備操作を行う一方で、系統状況の

急変があった場合は、それに応じた操作を行うことができる。

【0079】また、本発明の一態様によれば、調相設備の要求指標値が大きい昼前後の時間帯では、調相設備の操作必要度合を大きくし、かつ、変圧設備の操作必要度合を小さくすることにより、時間帯に応じて両設備の操作頻度の比率を調整でき、両設備の操作の干渉と過剰操作を防止できる。

【0080】また、本発明の一態様によれば、1日の負荷推移をも考慮した要求指標値を作成することにより、ある時間断面のみならず、連続時間内（例えば、1日の時間内）での設備操作の調和を図ることができる。

【0081】また、本発明の一態様によれば、操作対象設備として変圧設備のみが選定された場合には、その時点で操作必要度合が一定値以上の調相設備がないかをチェックし、これを満たすものがあれば、変圧設備に代えて当該調相設備を操作することにより、近い将来に操作が行われる調相設備の操作時期を早めることが可能となり、過剰操作を防止することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例に係わる電力系統電圧制御装置の構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の一実施例に係わるタップの操作判断の制御規則の一例を示す図である。

【図3】本発明の一実施例に係わる調相用コンデンサの操作判断の制御規則の一例を示す図である。

【図4】(a)は、本発明の一実施例に係わる電圧逸脱度のメンバーシップ関数の一例を示す図、(b)は、本発明の一実施例に係わる有効電力変化のメンバーシップ関数の一例を示す図、(c)は、本発明の一実施例に係わる調相用コンデンサの要求指標値のメンバーシップ関数の一例を示す図である。

【図5】(a)は、本発明の一実施例に係わるタップの操作必要度合のメンバーシップ関数の一例を示す図、

(b)は、本発明の一実施例に係わる調相用コンデンサの操作必要度合のメンバーシップ関数の一例を示す図である。

【図6】本発明の一実施例に係わる調相用コンデンサの要求指標値のスケジュールパターンの一例を示す図である。

【図7】(a)は、電圧逸脱度が0.5kVの時の適合度を、図4(a)のメンバーシップ関数を用いて算出する方法を示す図、(b)は、有効電力変化が0.8MW/minの時の適合度を、図4(b)のメンバーシップ関数を用いて算出する方法を示す図、(c)は、調相用コンデンサの要求指標値が1の時の適合度を、図4

(c)のメンバーシップ関数を用いて算出する方法を示す図である。

【図8】調相用コンデンサの要求指標値が1の時のタップの操作必要度合を、図5(a)のメンバーシップ関数

を用いて算出する出方法を示す図である。

【図9】調相用コンデンサの要求指標値が-0.7の時の適合度を、図4(c)のメンバーシップ関数を用いて算出する方法を示す図である。

【図10】(a)は、調相用コンデンサの要求指標値が-0.7の時のタップの操作必要度合を、図5(a)のメンバーシップ関数を用いて算出する出方法を示す図、  
(b)は、調相用コンデンサの要求指標値が-0.7の時の調相用コンデンサの操作必要度合を、図5(b)のメンバーシップ関数を用いて算出する出方法を示す図である。

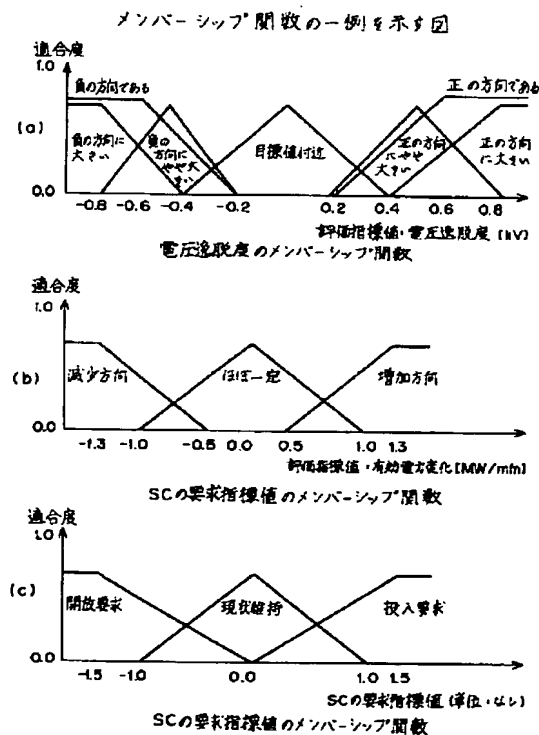
【符号の説明】

- 1 電力系統電圧制御装置
- 2 評価指標作成手段
- 3 要求指標作成手段

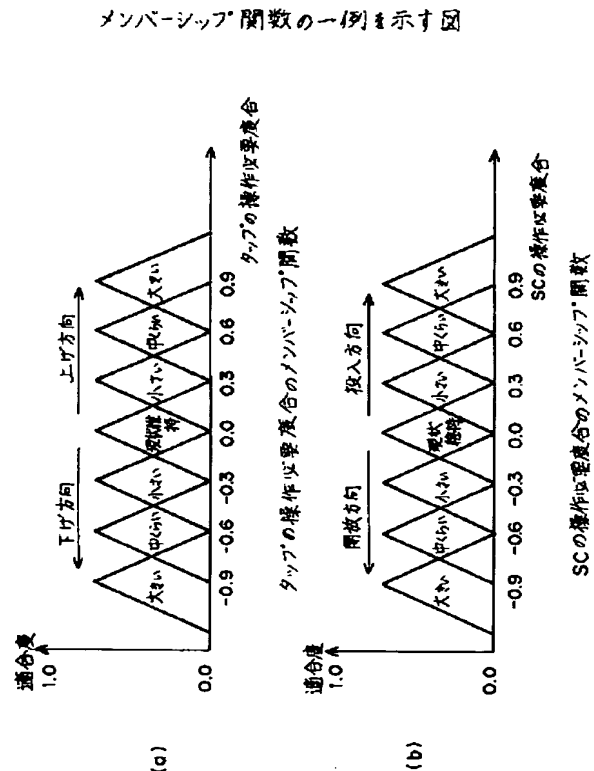
- \* 4 系統状態の評価指標値
- 5 設備操作の要求指標値
- 6 操作必要度合判定手段
- 7 変圧設備の操作必要度合の判定処理部
- 8 調相設備の操作必要度合の判定処理部
- 9 各設備の操作の必要度合
- 10 操作対象設備選定手段
- 11 選定された設備の候補と操作方法
- 12 操作対象設備特定手段
- 13 操作対象設備と操作方法
- 14 制御情報格納部
- 15 制御情報編集機能
- 16 電力系統
- 17 系統情報

\*

【図4】



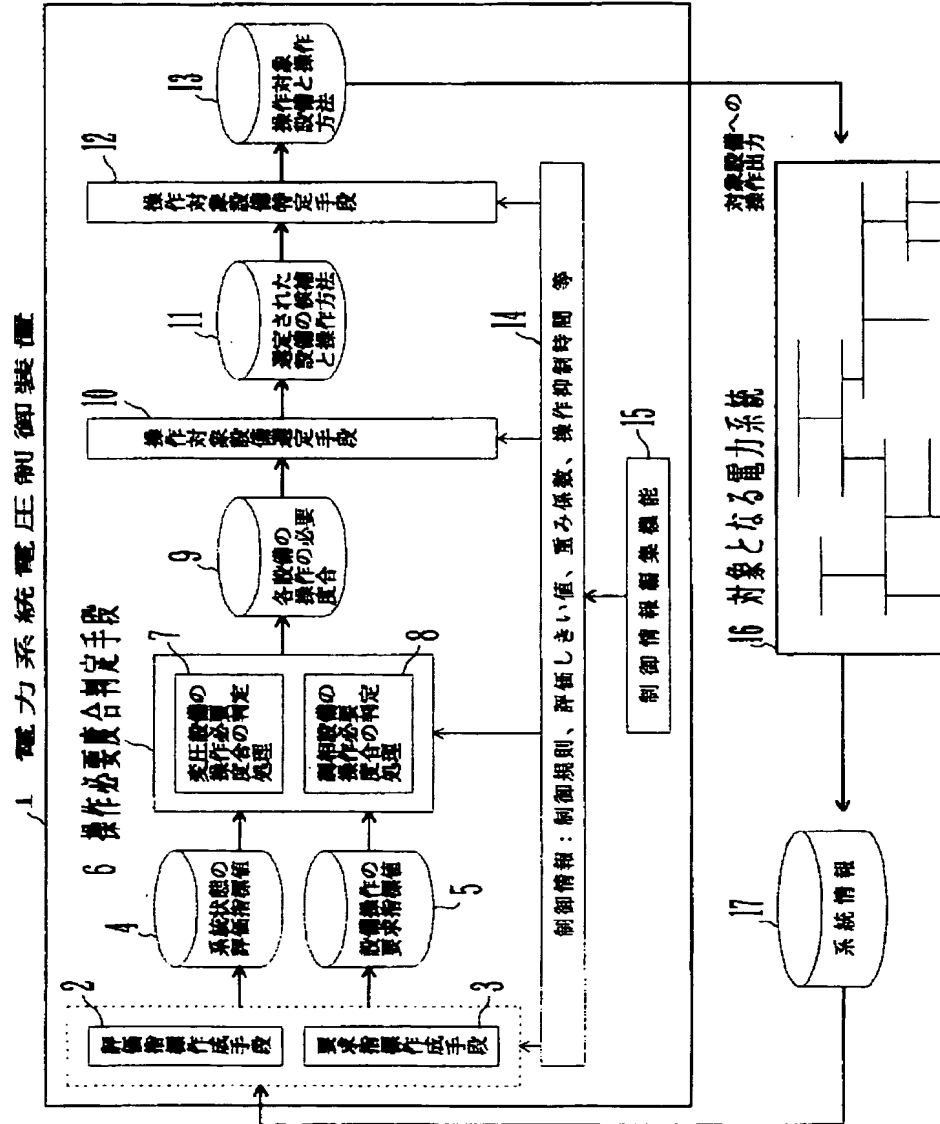
【図5】



【図1】

本発明の一実施例に係わる

電力系統電圧制御装置の構成を示すブロック図



【図2】

本発明の一実施例に係わる

タップの操作判断の制御規則の一例を示す図

NO.	前件部 - 条件		後件部 - 判断内容
	「操作必要度合判定手段」への入力データ		
	電圧急脱度 (評価指標値の1つ)	有効電力変化 (評価指標値の1つ)	
1	正の方向に大きい	減少方向	下げ方向に大きい
2	正の方向に大きい	ほぼ一定	下げ方向に中くらい
3	正の方向に大きい	増加方向	下げ方向に小さい
4	正の方向にやや大きい	減少方向	下げ方向に中くらい
5	正の方向にやや大きい	ほぼ一定	下げ方向に小さい
6	正の方向にやや大きい	増加方向	現状維持
7	目標値付近	減少方向	下げ方向に小さい
8	目標値付近	ほぼ一定	現状維持
9	目標値付近	増加方向	上げ方向に小さい
10	負の方向にやや大きい	減少方向	現状維持
11	負の方向にやや大きい	ほぼ一定	上げ方向に小さい
12	負の方向にやや大きい	増加方向	上げ方向に中くらい
13	負の方向に大きい	減少方向	上げ方向に小さい
14	負の方向に大きい	ほぼ一定	上げ方向に中くらい
15	負の方向に大きい	増加方向	上げ方向に大きい

	前件部 - 条件		後件部 - 判断内容
	電圧急脱度		
	負の方向である	SCの要求指標値 投入要求である	
16	負の方向である	投入要求である	タップの操作必要度合
17	正の方向である	開放要求である	現状維持

【図3】

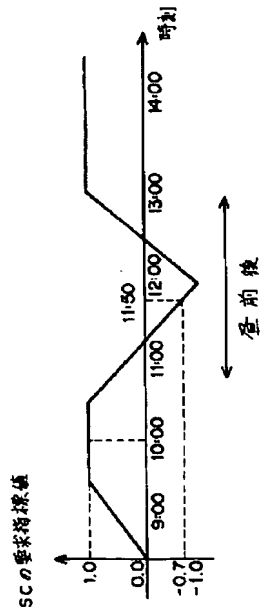
本発明の一実施例に係わる

調相用コンデンサの操作判断の制御規則の一例を示す図

NO.	前件部 - 条件			後件部 - 判断内容	
	「操作必要度合判定手段」への入力データ			出力データ	
	電圧逸脱度 (評価指標値の1つ)	有効電力変化 (評価指標値の1つ)	SCの要求指標値	SCの操作必要度合	
18	正の方向に大きい	減少方向	開放要求である	開放必要度大きい	
19	正の方向に大きい	ほぼ一定	開放要求である	開放必要度中くらい	
20	正の方向に大きい	増加方向	開放要求である	開放必要度小さい	
21	正の方向にやや大きい	減少方向	開放要求である	開放必要度中くらい	
22	正の方向にやや大きい	ほぼ一定	開放要求である	開放必要度小さい	
23	正の方向にやや大きい	増加方向	開放要求である	現状維持	
24	目標値付近	減少方向	開放要求である	開放必要度小さい	
25	目標値付近	ほぼ一定		現状維持	
26	目標値付近	増加方向	投入要求である	投入要求度小さい	
27	負の方向にやや大きい	減少方向	投入要求である	現状維持	
28	負の方向にやや大きい	ほぼ一定	投入要求である	投入要求度小さい	
29	負の方向にやや大きい	増加方向	投入要求である	投入要求度中くらい	
30	負の方向に大きい	減少方向	投入要求である	投入要求度小さい	
31	負の方向に大きい	ほぼ一定	投入要求である	投入要求度中くらい	
32	負の方向に大きい	増加方向	投入要求である	投入要求度大きい	

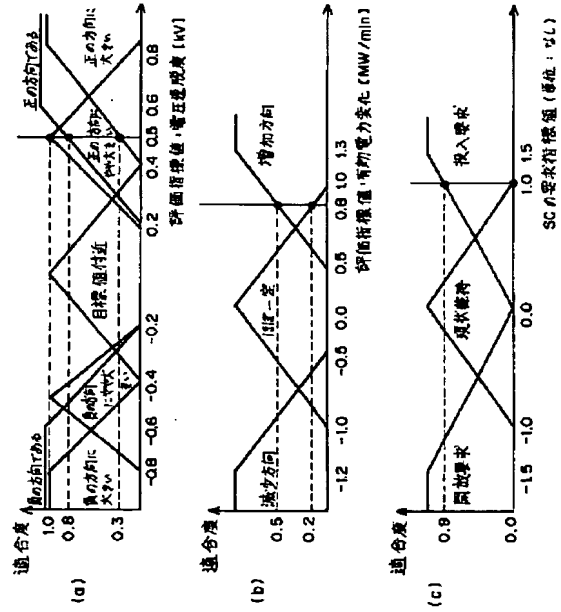
【図6】

本発明の一実施例に係わる調相用コンデンサの  
要求指標値のスケジュールパターンの一例を示す図



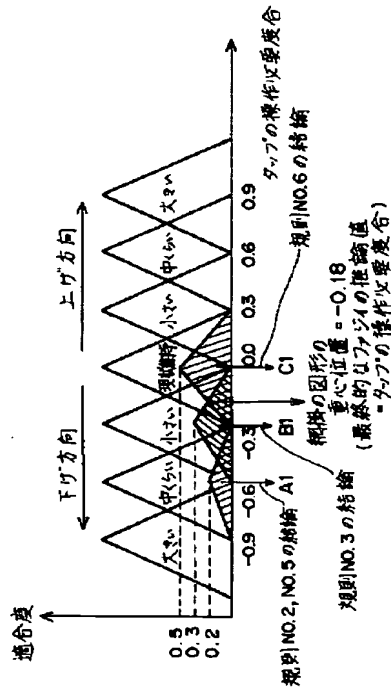
【図7】

図4(a),(b),(c)のメンバーシップ関数を用いて算出する方法を  
示す図



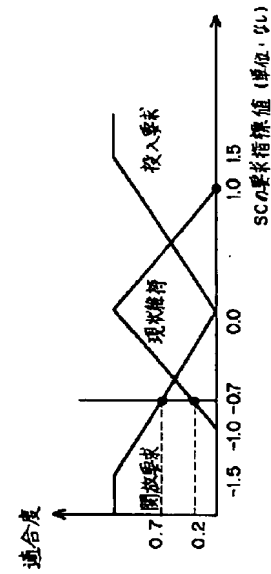
【図8】

調相用コンデンサの要求指標値が1の時の  
タップの操作必要度合も、図5(a)のメンバーシップ関数を用いて算出する方法を示す図



【図9】

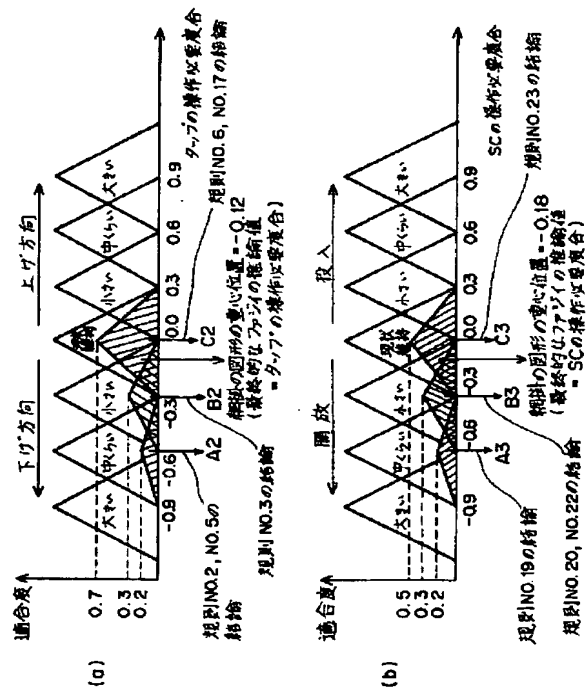
図4(c)のメンバーシップ関数を用いて  
算出する方法を示す図





【図10】

図5(a),(b)のメンバーシップ関数を用いて算出する  
方法を示す図



フロントページの続き

(72)発明者 竹中 道夫  
神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号  
富士電機株式会社内

BEST AVAILABLE COPY